

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

REC'D	24 FEB 2000
AIPO	PCT

PCT/ SE 00 / 0 0 0 2 4
09/890056

ETU

Intyg Certificate



Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

- (71) Sökande Skogsindustrins tekniska forskningsinstitut STFI,
Applicant (s) Stockholm SE
- (21) Patentansökningsnummer 9900276-8
Patent application number
- (86) Ingivningsdatum 1999-01-28
Date of filing

Stockholm, 2000-02-16

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Anita Södervall
Anita Södervall

Avgift
Fee

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

**PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET**
SWEDEN

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

Topografisk bestämning av en av infallande ljus belyst yta

TEKNIKOMRÅDE

- 5 Föreliggande uppfinning avser ett sätt att bestämma en av infallande ljus belyst yta genom registrering av intensiteten ($I_1(x,y)$) i reflekterat ljus från ytan hos en första bild därav och registrering av intensiteten ($I_2(x,y)$) i reflekterat ljus från ytan hos en andra, till den första bilden komplementär bild därav upptagen med annan belysningsvinkel.
- 10 Uppfinningen är speciellt men ej uteslutande tillämpbar på pappersytor avsedda att förse med påtryck.

KÄND TEKNIK

- 15 Genom SE 508 822 är kända ett förfarande och en anordning för mätning och kvantifiering av ytdefekter, såsom polerroisor som kan uppkomma i samband med polering av av lackerade plåt detaljer. Därvid registreras åtminstone två delbilder med minst en kamera under belysning av provytan med parallellt ljus eller punktljus, varvid ljusets infallsvinkel, i förhållande till provytan och/eller kameran är olika vid registrering av olika delbilder, varefter
- 20 registrerade delbilder behandlas i åtminstone en centralenhet. Därefter framställs en eller flera differensbilder av delbilderna och utnyttjas för att bestämma graden av ytdefekt på provytan. Denna kända teknik ger dock ej någon vägledning om hur de registrerade delbilderna kan utnyttjas för att topografiskt bestämma ytan.

25

REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN

- Ett ändamål med föreliggande uppfinning är att tillhandahålla en fotometrisk metod av in-
- 30 ledningsvis angivet slag som snabbt förmår topografiskt bestämma en yta.

Enligt en betraktelse av uppfinningen registreras intensiteten (dvs. effekten per ytenhet) av endast diffust reflekterat ljus hos de båda bilderna, och bestäms en skillnad mellan de registrerade intensiteterna av det diffust reflekterade ljuset hos de första och andra bilderna för erhållande av en representation av ytans lutningsvariationer.

5

Om skillnaden normeras genom division med summan av intensiteterna erhålls en kvot som är väsentligen direkt proportionell mot ytans lokala derivata.

Derivatans används i sin tur för beräkning av ytans höjdfunktion.

10

Insikten som ligger till grund för uppfinningen är att ljusheten hos ett topografiskt ytelement beror såväl av dess diffusa reflektans som dess vinkel i förhållande till belysningen. Om man upptar bilder av ytan med olika belysningsvinklar, så kommer dessa att skilja sig åt på grund av ytans topografi, men inte på grund av skillnader i diffus reflektans. Detta kan enligt uppfinningen utnyttjas i bildanalysoperationer som särskiljer topografin från reflektansen.

15

KORTFATTAD RITNINGSBESKRIVNING

20

Uppfinningen beskrivs mer i detalj med hänvisning till bifogad ritning, på vilken **FIG. 1** schematiskt visar ett arrangemang för bildregistrering enligt uppfinningen; **FIG. 2** visar motsvarande **FIG. 1** en modell som grund för bearbetningen av de registrerade bilderna; **FIG. 3** visar i diagramform ett förenklat exempel på bearbetning av en registrerad bild enligt uppfinningen; **FIG. 4A och B** visar bilder av en djuptyckt provyta registrerade genom belysning från vänster resp. höger hos ett arrangemang enligt **FIG. 1**; **FIG. 5** visar reflektans hos provytan enligt **FIG. 4**; **FIG. 6** visar derivatan hos provytan i **FIG. 4**; **FIG. 7** visar topografin hos provytan i **FIG. 4**; **FIG. 8** visar en bild av provytan enligt **FIG. 4** med nivåkurvor representerande $-1 \mu\text{m}$; **FIG. 9A och B** visar i större skala en reflektansbild resp. en topografisk bild av en med tryckpunkter försedd provyta; och **FIG. 10** visar profiler av en provyta uppmätta mekaniskt resp. med ett arrangemang enligt uppfinningen.

30

BESKRIVNING AV UTFÖRINGSEXEMPEL

5 I arrangemanget enligt FIG. 1 visas principen för uppfinningen. En provyta 1, som i de beskrivna exemplen är en pappersyta med en typisk area om 5x5 mm, belyses av en första ljuskälla 2 och av en andra ljuskälla 3 anordnade i två inbördes motsatta riktningar. Ljuskällorna 2 innefattar halogenlampor med belysningsoptik. En kamera 4 av CCD-typ detekterar och registrerar via en dator 5 intensiteten av det reflekterade ljuset.

10

Datorn 5 är företrädesvis försedd med känd maskin- och programvara för bildbehandling. Tidsåtgången för analys av en bild med en upplösning om 512x512 bildpunkter är för närvarande ca 10 s med en 400 MHz standard-PC. Den matematiska analysen har genomförts med MATLAB® programvara.

15

Uppfinningen baseras på detektering av diffust ljus. Spekulära reflexer från provytan kan elimineras i det visade exemplet medelst inbördes korsade polarisatorer 6 och 7. Närmare bestämt kan mellan provytan 1 och varje ljuskälla 2, 3 placeras en polarisator 6 och mellan provytan 1 och kameran 4 placeras en därtill korsad polarisator 7, på sådant sätt att belysningsljuset polariseras parallellt med infallsplanet och det reflekterade ljuset polariseras vinkelrätt därtill.

Med hänvisning till FIG. 2 är intensiteten hos det infallande ljuset proportionell mot $\cos(\alpha)$, där α är belysningsljusets infallsvinkel mot ytan 1. För det diffust spridda ljuset antages
25 Lamberts lag vara giltig. Enligt denna är radiansen lika i alla riktningar. Därför gäller för den av kameran 4 detekterade intensiteten att

$$I = I_0 R \cos(\alpha) \quad [1]$$

30

där R är reflektansen och I_0 is den registrerade intensiteten när $R = \cos(\alpha) = 1$.

Genom skalär multiplikation erhålls värdet för $\cos(\alpha)$ som

$$\cos(\alpha) = \mathbf{a} \cdot \mathbf{n} / |\mathbf{n}| = \frac{\sin(\gamma) \frac{\partial}{\partial x} + \cos(\gamma)}{\sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial y}\right)^2 + 1}} \quad [2]$$

där \mathbf{a} är belysningsvektorn $[\sin(\gamma), 0, -\cos(\gamma)]$ och \mathbf{n} är ytnormalen $[\partial f / \partial x, \partial f / \partial y, -1]$.

- 5 Om två bilder I_1 och I_2 , med $\gamma_2 = -\gamma_1$, registreras, FIG. 4A, 4B, kan den partiella derivatan df/dx beräknas med ledning av [1] och [2] som

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{1}{\tan \gamma} \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$$

- 10 Detta uttryck är oberoende av reflektansen. Ett exempel på en derivata, beräknad med ledning av bilderna i FIG. 4A, B, visas i FIG. 6, där derivatan har kodats som en gråskalebild.

För att erhålla provytans höjdfunktion, behöver derivatan integreras, men eftersom bilderna innehåller brus, behöver vissa spatiala frekvenser integreras med försiktighet. Därför bör

- 15 företrädesvis derivatan Fouriertransformeras och multipliceras med ett s.k. Wienerfilter:

$$H_R = \frac{H_I^*}{|H_I|^2 + SNR(u, v)^{-1}} \quad [4]$$

som utför integreringen med undertryckande av spatiala frekvenser u och v , vilka har ett förväntat lågt signal-brusförhållande SNR. Ytans frekvenssvar H_I innefattar både den parti-

- 20 ella derivatan (i form av $2\pi i u$) och det i materialet spridda ljuset. För närmare beskrivning av ett Wienerfilter hänvisas till Pratt, W. K., (1978), Digital Image Processing, Wiley, New York, 378-387. Ytfunktionen, som visas i FIG. 7, likaså kodad som en gråskalebild där lägre ytområden har en mörkare ton än höga ytområden, erhålls genom invers transformation av produkten.

- 25 Provytans lokala reflektans, som tillhandahåller information om påtryckets täckningsgrad, erhålls approximativt som summan av bilderna, I_1 och I_2 , se FIG. 5.

- 30 För att underlätta förståelsen av uppfinningen, visas på FIG. 3 A-G en förenklad endimensionell "digital" betraktelse av en typisk bildbehandlingsoperation.

FIG. 3 A visar den provyta vars topografi $f(x)$ skall undersökas. Ytan har i detta fall ett påtryckt regelbundet mönster.

- 5 När ytan belyses med strykljus från vänster erhålls enligt FIG. 3B till följd av variationer i såväl reflektans (mönstret) som topografi, en intensitetsvariation i det diffust reflekterade ljuset. Jämför även motsvarande bild eller grafiska representation i det tvådimensionella fallet enligt FIG. 4A där intensitetsvariationen motsvaras av variation i gråskala.
- 10 När ytan belyses med strykljus från höger erhålls på motsvarande sätt enligt FIG. 3C en ny intensitetsvariation $I_2(x)$ i det diffust reflekterade ljuset. Jämför även motsvarande bild i det tvådimensionella fallet enligt FIG. 4B.

- 15 Beräknas skillnaden, $I_1(x) - I_2(x)$ mellan intensiteterna, erhålls enligt FIG. 3D en variation som framhäver topografiska variationer (reflektansvariationerna undertrycks delvis men ej helt), dvs. variationer i ytans lutning.

- 20 Beräknas summan $I_1(x) + I_2(x)$ av intensiteterna erhålls enligt FIG. 3E en variation som väsentligen endast beror av reflektansvariationer, medan de strukturella eller topografiska variationerna undertrycks. Med andra ord erhålls ytans färgfördelning, t.ex. förekomst eller inte förekomst av påtryck. Jämför även motsvarande bild i det tvådimensionella fallet enligt FIG. 5.

- 25 Beräknas kvoten $(I_1(x) - I_2(x)) / (I_1(x) + I_2(x))$, dvs den normerade skillnaden mellan intensiteterna, erhålls enligt FIG. 3F en variation som väsentligen endast beror av topografiska variationer, dvs. variationer i ytans lutning.

Kvoten används för beräkning av ytans derivata enligt FIG. 3F som

$$f'_t(x) \approx \frac{1}{\tan \gamma} \cdot \frac{I_1(x) - I_2(x)}{I_1(x) + I_2(x)}$$

där liksom tidigare γ = belysningsljusets infallsvinkel. Jämför även motsvarande bild i det tvådimensionella fallet enligt FIG. 6. I det tvådimensionella fallet blir derivatan på motsvarande sätt

$$f'_i(x, y) \approx \frac{1}{\tan \gamma} \cdot \frac{I_1(x, y) - I_2(x, y)}{I_1(x, y) + I_2(x, y)}$$

- 5 Integreras derivatan, företrädesvis med ovan beskriven samtidig anpassad brusundertryckning, erhålls ytans topografi enligt FIG. 3G. Jämför även motsvarande bild i det tvådimensionella fallet enligt FIG. 7.

- 10 Som framgår av det föregående kan, förutom den rena topografiska bestämningen (FIG. 7) av en yta, uppfinningen sålunda även användas för samtidig bestämning av ytans reflektans (FIG. 5) i samma koordinater. Därmed kan intressanta samband mellan ytstruktur och färgöverföring studeras i detalj. På reflektansbilden i FIG. 5 har i FIG. 8 genom tröskeloperation i den bildanalyserande datorn 5 införts nivåkurvor motsvarande ett djup om -1 μ m från en glidande referensnivå, vilket kan förklara varför tryckpunkter saknas i partier av tryckområdet. På provytan enligt FIG. 9A och B har på motsvarande sätt undersökts om ett
15 bestämt djup hos försänkningarna (t.ex. mörka partier i vänstra övre delen av topografikartan FIG. 9B) i ytan kan motsvara utebliven färgöverföring (uteblivna färgpunkter i FIG. 9A i de partier som är mörkast i FIG. 9B). Detta kan inom trycktekniken utnyttjas som en förutsägelse om på vilka ställen missade tryckpunkter kan förväntas.

- 20 Det har därvid visat sig att s.k. rak tröskelsättning i topografin ej fungerar så bra. Om man däremot högpasfilterar topografin så att långvågig information undertrycks och därefter applicerar en tröskel på -1 μ m, dvs. i praktiken tröskling relativt en glidande referensnivå, så markeras områden som har hög sannolikhet för utebliven färgöverföring, se FIG. 8.
25 Av detta kan man alltså lära sig mer om hur ytråhet skall mätas på ett tryckbarhetsrelevant sätt. Metoden har också gett intressanta resultat för fulltonsytor tryckta i flexo (ej visat).

- De två bilderna behöver ej nödvändigtvis registreras vid skilda tidpunkter. Exempelvis kan med det beskrivna arrangemanget enligt FIG. 1 den ena bilden registreras i ett första
30 ljusvåglängdsområde och den andra bilden från samma kamerapunkt samtidigt registreras i

ett andra, till det första våglängdsområdet komplementärt eller skilt våglängdsområde (ej visat) om de två belysningarna använder skilda våglängdsområden. Därigenom erbjuds möjlighet att registrera förlopp då provytan, t.ex. ett område av en pappersbana under produktion, befinner sig i rörelse.

5

Analyser enligt uppfinningen av provstycken av LWC-papper har visat god korrelation, $r^2=0,95$, mellan profiler bestämda enligt uppfinningen och profiler bestämda enligt konventionella optiska eller mekaniska profilmätmetoder. I det i FIG. 10 visade diagrammet anger den heldragna kurvan profilen bestämd enligt uppfinningen, medan den streckade kurvan

10

anger samma profil hos samma pappersremsa bestämd genom en mekanisk kontaktmätmetod.

.....

PATENTKRAV

1. Sätt att bestämma en av infallande ljus belyst yta genom registrering av intensiteten ($I_1(x,y)$) i reflekterat ljus från ytan hos en första bild därav och registrering av intensiteten ($I_2(x,y)$) i reflekterat ljus från ytan hos en andra, till den första bilden komplementär bild därav upptagen med annan belysningsvinkel, **k ä n n e t e c k n a t** av registrering av intensiteten av endast diffust reflekterat ljus över ytan hos de båda bilderna, och
- bestämning av en skillnad mellan de registrerade intensiteterna av det diffust reflekterade ljuset över ytan hos de första och andra bilderna för erhållande av en representation som framhäver lutningsvariationer hos ytan.
2. Sätt enligt krav 1, **k ä n n e t e c k n a t** av att skillnaden normeras för erhållande av en en reflektansneutral bild som representerar lutningsvariationer, dvs. en derivata av ytans höjdfunktion.
3. Sätt enligt krav 2, **k ä n n e t e c k n a t** av att skillnaden normeras genom division med en summa ($I_1(x,y) + I_2(x,y)$) av de registrerade intensiteterna över ytan.
4. Sätt enligt [något] krav 3, **k ä n n e t e c k n a t** av att summan ($I_1(x,y) + I_2(x,y)$) av de registrerade intensiteterna över ytan används för erhållande av en väsentligen topografiskt neutral reflektansbild av ytan.
5. Sätt enligt något av föregående krav, **k ä n n e t e c k n a t** av att intensiteten hos den första bilden registreras med ljus infallande från en första riktning och att intensiteten hos den andra bilden registreras med ljus infallande från en andra, till den första riktnings reflektionsvinkel motsatt riktning.
6. Sätt enligt något av föregående krav, **k ä n n e t e c k n a t** av beräkning av ytans derivata genom

$$f'_x(x,y) \approx \frac{1}{\tan \gamma} \cdot \frac{I_1(x,y) - I_2(x,y)}{I_1(x,y) + I_2(x,y)}$$

där γ är ljusets infallsvinkel.

7. Sätt enligt krav 6, k ä n n e t e c k n a t av Fouriertransformation av derivatan och multiplikation därav med ett Wienerfilter för undertryckning av brus i de registrerade intensiteterna.
8. Sätt enligt krav 6 eller 7, k ä n n e t e c k n a t av integrering av derivatan för erhållande av ytans höjdfunktion.
9. Sätt enligt något av föregående krav, k ä n n e t e c k n a t av polarisering av det infallande ljuset och därtill korsande polarisering av det reflekterade ljuset för att eliminera reflexer i ytan och erhålla nämnda diffust reflekterade ljus.
10. Sätt enligt något av föregående krav, k ä n n e t e c k n a t av att den första bilden registreras med ljus i ett första ljusvåglängdsområde och att den andra bilden registreras med ljus i ett andra, från det första ljusvåglängdsområdet skilt ljusvåglängdsområde.
11. Sätt enligt krav 10, k ä n n e t e c k n a t av att den första bilden registreras genom belysning med ljus av en första frekvens, och att den andra bilden registreras genom belysning med ljus av en, från den första frekvensen avvikande frekvens.
12. Sätt enligt krav 10 eller 11, k ä n n e t e c k n a t av att den första och den andra bilden registreras samtidigt.
13. Användning av ett sätt enligt något av föregående krav för topografisk bestämning av en pappersyta.

SAMMANDRAG

Sätt att bestämma en av infallande ljus belyst yta. Först registreras intensiteten ($I_1(x,y)$) av reflekterat ljus från ytan hos en första bild av ytan. Därefter registreras av intensiteten ($I_2(x,y)$) av reflekterat ljus från ytan hos en andra bild av ytan, upptagen med annan belysningsvinkel. Endast det diffust reflekterade ljuset registreras. Skillnaden mellan de registrerade intensiteterna hos den första och andra bilden bestäms för erhållande av en representation som framhäver lutningsvariationer hos ytan. Denna representation vidarebearbetas genom signalanpassad integrering till en topografisk beskrivning, dvs. en höjdfunktion av ytan.

(FIG. 2)

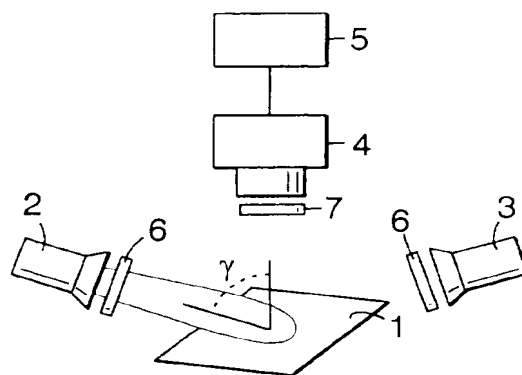


FIG. 1

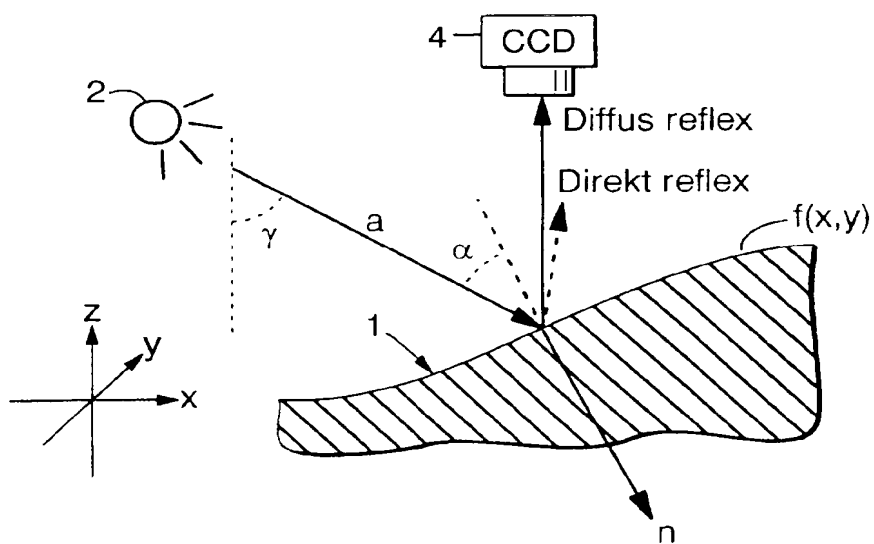


FIG. 2



FIG.3

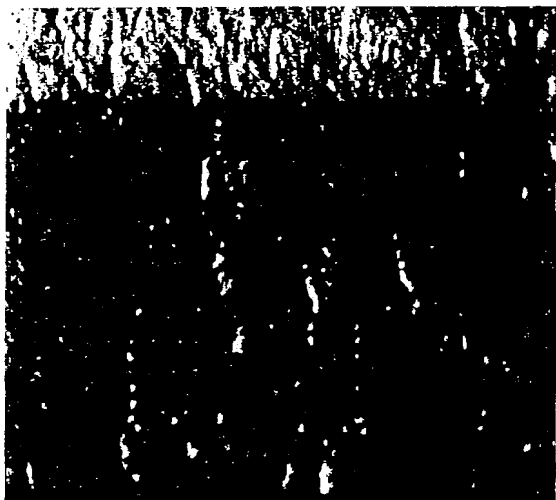


FIG. 4A

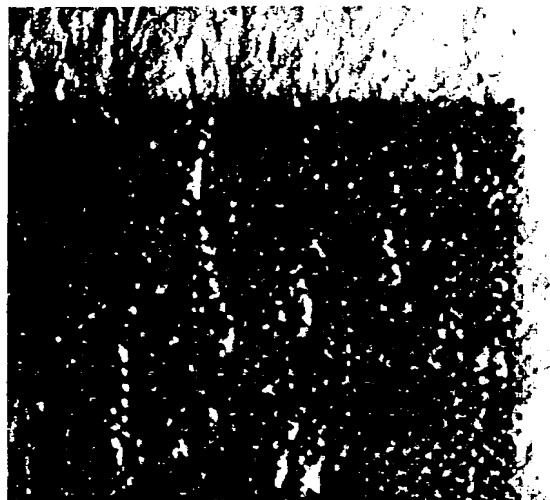


FIG. 4B



FIG. 5

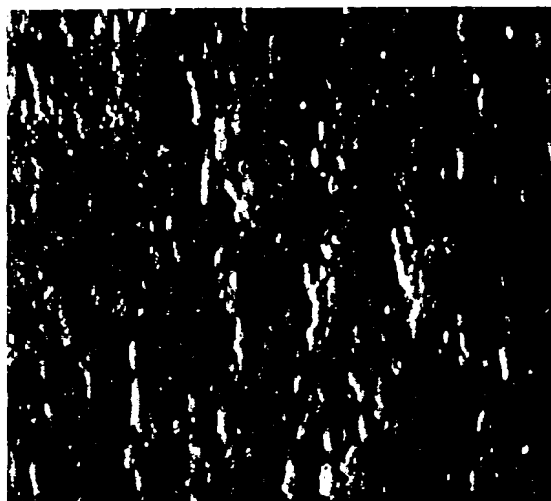


FIG.6



FIG.7

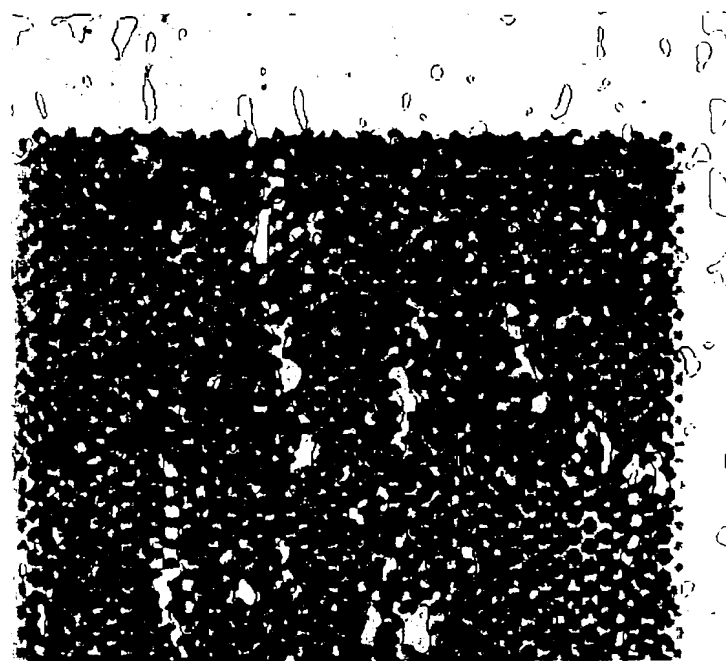


FIG.8

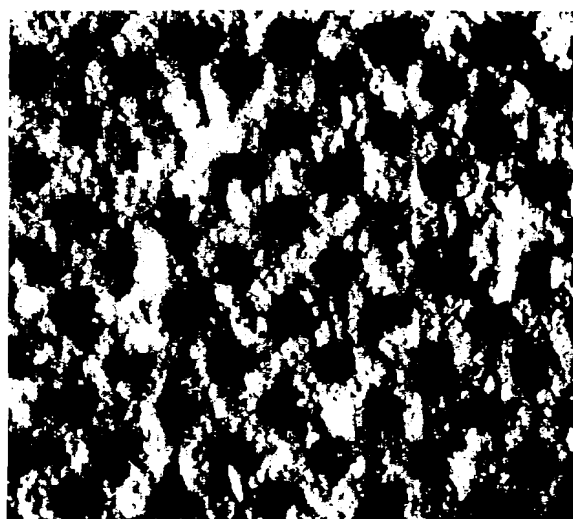


FIG.9A

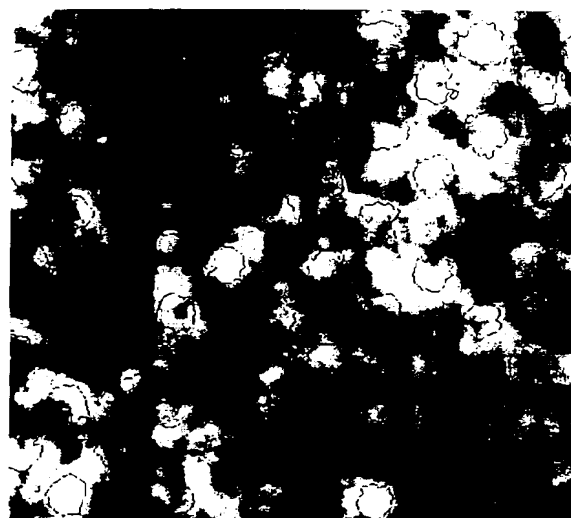


FIG.9B

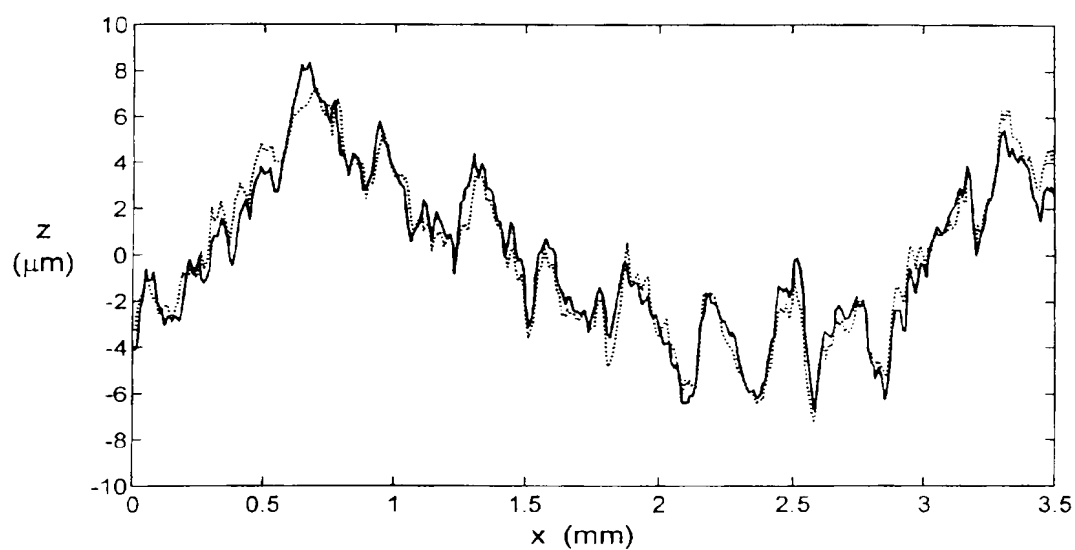


FIG.10